



Università degli Studi di Genova
Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale



Corso di Laurea in Chimica e Tecnologie Chimiche

**FONDAMENTI DI TECNOLOGIE CHIMICHE PER L'INDUSTRIA E PER L'AMBIENTE
(modulo II)**

TUBAZIONI

Aldo Bottino
e-mail : bottino@chimica.unige.it
Tel. : 010 3538724 - 3538719

Tubazioni

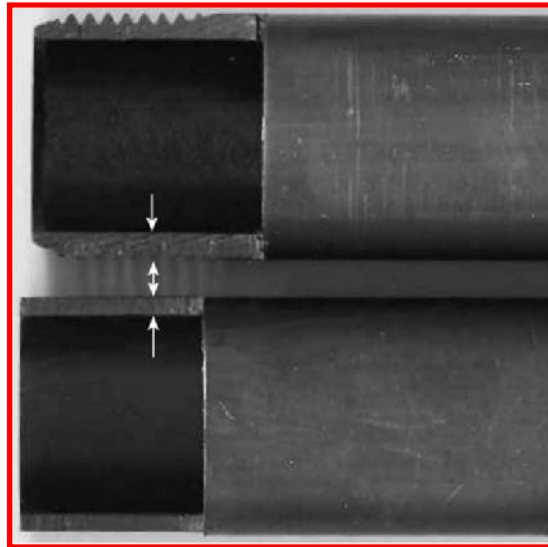
Le tubazioni servono *trasporto dei fluidi* (liquidi o gas) che possono essere:

- *fluidi di processo*. Sono trasportati da una apparecchiatura all'altra per subire i vari trattamenti o trasformazioni.
- *fluidi di servizio*. Sono utilizzati come mezzi ausiliari.
Sono ad esempio: il vapore, l'acqua refrigerante, l'aria compressa, etc.
- *fluidi di scarico*. Sono inviati allo smaltimento

Le tubazioni possono essere di vario diametro e di vario spessore.

Le tubazioni possono essere *filettate* agli estremi oppure possono avere le estremità non filettate (*tubi lisci*).

Le prime hanno a parità di diametro delle seconde uno spessore maggiore per consentire la filettatura.



- Le tubazioni sono costruite con vari tipi di materiali:
- *metallici* (acciai al carbonio, acciai legati, ghisa, etc.)
 - *non metallici* (cemento, materie plastiche, etc.)

Tubazioni metalliche

Tubazioni in ghisa

Le tubazioni in *ghisa* sono oggi in fase di abbandono e, in ogni caso, non vengono quasi mai impiegate per le linee di processo, ma vengono generalmente adottate per le *linee interrato dei servizi*, dove è necessaria una buona resistenza all'attacco chimico e le sollecitazioni non raggiungono valori rilevanti (per le caratteristiche di *fragilità* della ghisa).

Gli impieghi usuali di queste tubazioni sono fogne o altri scarichi di acque *mediamente acide*.

Talvolta la ghisa è impiegata anche per pluviali, condotte o fogne di acque bianche (vengono così chiamate le acque piovane o quelle di scarico non contenenti particolari sostanze chimiche).

Quasi sempre i tubi in ghisa vengono *bitumati* all'interno e all'esterno, per meglio preservare il materiale da attacchi chimici.

Tubazioni in acciaio al carbonio.

L'acciaio al carbonio è il materiale più *largamente impiegato* nella costruzione degli impianti sia per le linee di processo sia per le linee dei servizi.

Infatti questo materiale è compatibile con molte tra le sostanze trattate negli impianti e, in condizioni normali, non viene sensibilmente attaccato dai fluidi dei servizi (acqua, vapore, ecc.).

Un'altra pregevole qualità dell'acciaio al carbonio è la *facilità* con cui può essere eseguita l'operazione di *saldatura* che costituisce il principale sistema di giunzione degli elementi costituenti le linee degli impianti.

Tubazioni in acciai legati

Gli *acciai legati* contengono, come è noto, *altri metalli* che ne migliorano le caratteristiche di impiego, ossia di resistenza meccanica a freddo e a caldo, di resistenza alla corrosione e di saldabilità.

L'impiego delle tubazioni di acciaio al C, pur restando il più esteso, è limitato da due *fattori*:

- la crescente diffusione di *sostanze altamente corrosive*, alle quali gli acciai al C non possono resistere, con conseguente sempre più vasto impiego di acciai legati
- la necessità di adottare in alcuni casi *condizioni di esercizio severe*, per le pressioni e soprattutto per le *temperature*, con conseguente impiego di acciai speciali o legati resistenti ad alte o a bassissime temperature.

Infatti:

- la resistenza meccanica degli acciai al C è ottima solo a temperature relativamente prossime a quella ambiente e si riduce gradualmente fino a presentare un vero e proprio crollo a $300 \div 400$ °C.
- la rilevante riduzione della resistenza all'impatto impedisce l'impiego degli acciai al C al disotto di -30° C.

Tubazioni in materiali non ferrosi

Negli impianti si ricorre abbastanza di frequente all'impiego di tubazioni metalliche costruite con materiali *non ferrosi* soprattutto per *linee di servizio*.

Tra questi è opportuno ricordare l'alluminio, il rame e le sue leghe, il nichel e le sue leghe.

Tubazioni metalliche rivestite

Accade sovente che in particolari condizioni di esercizio *non conviene* realizzare la tubazione interamente in materiale inattaccabile dagli agenti corrosivi, risultando più opportuno adottare tubazioni dotate di *rivestimento protettivo*.

In queste condizioni possono verificarsi i seguenti casi (singolarmente o contemporaneamente):

- i materiali metallici non offrono sufficienti garanzie di resistenza all'attacco corrosivo
- i materiali non metallici resistenti all'attacco corrosivo non hanno caratteristiche meccaniche adeguate alle condizioni di esercizio
- i materiali resistenti all'attacco chimico hanno costo troppo alto in rapporto all'importanza della linea.

L'impiego di *tubi bimetallici* (di cui uno strato resiste alla corrosione e l'altro assorbe essenzialmente le sollecitazioni meccaniche) è rarissimo per le linee, mentre è sempre più diffuso per gli *scambiatori di calore*.

Per *linee interrato* vengono spesso impiegate tubazioni di *acciaio al carbonio zincato*, in cui lo strato di zinco, essendo più elettropositivo del ferro, protegge efficacemente dalle corrosioni dovute all'umidità e alle sostanze aggressive contenute nel terreno.

Sempre per le tubazioni in acciaio al C destinate ad essere interrato viene normalmente applicato un rivestimento esterno protettivo in *catrame e juta*, efficacissimo nella protezione del metallo dalle eventuali sostanze aggressive presenti nel terreno.

E' anche frequente l'impiego di tubazioni rivestite, generalmente all'interno, con *materie plastiche*, quali PVDF, PVC, PE, etc., a seconda della sostanza convogliata.

Tubazioni non metalliche

Tubazioni di cemento

Le *tubazioni di cemento* sono adottate nella industria chimica per *compiti non impegnativi*, come fogne per acque bianche, grandi collettori di acqua industriale non a pressione cioè per tutti quei servizi in cui

- il materiale costituente la tubazione è poco sollecitato meccanicamente
- i fluidi trattati non hanno caratteristiche di aggressività.

Tubazioni in materie plastiche

In questi ultimi anni si è molto diffuso l'impiego nell'industria chimica di tubazioni in materie plastiche, in condizioni di moderata pressione e temperatura, per sostanze altamente aggressive o meno.

Tubazioni in gomma o plastica (flessibili)

Molto spesso, durante l'esercizio degli impianti chimici, è necessario installare tubazioni provvisorie per compiti particolari o di emergenza.

A tale scopo vengono impiegate spesso tubazioni flessibili, dette manichette, realizzate in gomma o plastica.

I problemi di compatibilità col fluido trasportato, dato il carattere provvisorio della tubazione, sono assai ridotti.

La resistenza alla pressione interna è spesso assicurata da armature di fili di canapa o anche di acciaio, a seconda dei casi.



Normalizzazione delle tubazioni

Normalizzazione italiana

Nel sistema di normalizzazione italiano occorrono due indicazioni per identificare completamente una tubazione:

- *materiale*
- *dimensioni*

Il sistema di designazione delle dimensioni è basato su due indicazioni :

- *diametro nominale* (per la sezione di passaggio)
- *pressione nominale* (per la pressione di esercizio)

Diametro nominale

Il *diametro nominale* è una indicazione *convenzionale* che individua le *dimensioni dei tubi* e degli altri elementi ad essi accoppiabili (*flange, valvole, etc.*).

Il diametro nominale viene indicato con la sigla DN seguita dal valore numerico relativo.

Nei sistemi di tubazioni, il valore numerico del diametro nominale rappresenta :

- per i *tubi*, il valore approssimativo del diametro interno in mm
- per le *flange*, le loro dimensioni relative a quelle del tubo cui sono accoppiabili
- per le *valvole*, la dimensione effettiva in mm delle loro bocche di entrata e di uscita.

Per i tubi *gas* la notazione DN non è necessaria, in quanto ogni elemento viene individuato dalla dimensione approssimativa del diametro interno, espresso in pollici e seguita dalla sigla Gas.

Ad esempio: 1½" Gas

La Tabella seguente riporta la serie dei diametri nominali normalizzati, secondo la Tabella UNI 1282

Serie dei diametri normalizzati secondo la Tabella UNI 1282

Tubi lisci	10	15	20	25	32
	40	50	65	80	100
	125	150	200	250	300
	350	400	450	500	600
	700	800	1000		
Tubi gas	1/4	3/8	1/2	3/4	1
	1 1/4	1 1/2	2		

Scelta del diametro nominale

La scelta del diametro della tubazione viene stabilita in funzione della *portata* del fluido che l'attraversa.

Conoscendo la portata Q del fluido che deve percorrere il condotto, dopo aver *fissato la sua velocità* v , si ricava la sezione interna A del tubo e quindi il diametro D tenendo presente che:

$$A = Q/v = \pi \cdot D^2/4$$

da cui

$$D = [4 Q / (\pi \cdot v)]^{1/2} = 2 (A / \pi)^{1/2}$$

quindi si sceglie un tubo avente il DN *più prossimo* al valore del diametro trovato.

Per evitare elevate perdite di carico viene *fissata la velocità* del fluido che percorre il tubo, che differisce a seconda si tratti di un liquido, di un gas o di un vapore

L'ordine di grandezza delle velocità dei fluidi per la scelta dei diametri è:

- per un liquido: $v = 1 \text{ m/s}$
- per un gas: $v = 10 \text{ m/s}$
- per il vapore d'acqua: $v = 20 \div 30 \text{ m/s}$

Per esempio in una tubazione percorsa da un liquido con $v = 1 \text{ m/s}$ e portata $Q = 63 \text{ m}^3/\text{h}$ il DN sarà:

$$Q = 63 \text{ m}^3/\text{h} = 63 \text{ m}^3 / 3600 \text{ s} = 0.0175 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = Q/v = 0.0175 \text{ m}^2$$

$$D = 2 (A/\pi)^{1/2} \approx 0.149 \text{ m} = 149 \text{ mm}$$

Dall'esame della Tabella UNI si osserva che il tubo avente il DN più vicino a quello calcolato (149 mm) è il tubo con DN 150.

Serie dei diametri normalizzati secondo la Tabella UNI 1282

Tubi lisci	10	15	20	25	32
	40	50	65	80	100
	125	150	200	250	300
	350	400	450	500	600
	700	800	1000		
Tubi gas	1/4	3/8	1/2	3/4	1
	1 1/4	1 1/2	2		

Pressione nominale

Le *pressione nominale* è una pressione *convenzionale* in base alla quale vengono calcolati tutti gli elementi della tubazione (tubi, valvole, flange, raccordi, etc.).

Tale pressione è determinata in base a quella *effettiva di impiego*, ma tiene conto anche delle *altre condizioni di esercizio* (temperatura, corrosività e pericolosità dei fluidi).

La pressione nominale è designata con l'indicazione PN seguita dal valore relativo (espresso in kg/cm^2 oppure in bar o altra unità di misura della pressione).

I valori unificati delle pressioni nominali accompagnati dai valori delle pressioni esercizio in diverse condizioni operative di temperatura e di aggressività dei fluidi sono riportati in apposite tabelle.

- *condizione di esercizio I*, quando la linea trasporta fluidi non pericolosi e non corrosivi, con temperature inferiori a 120 °C.

In questo caso la PN è uguale alla pressione di esercizio.

- *condizione di esercizio II*, quando la linea trasporta fluidi non pericolosi e non corrosivi, con temperature comprese tra 120 °C e 300 °C, oppure fluidi pericolosi a temperature inferiori a 120 °C.

In questo caso la PN è circa il 120 % della pressione d'esercizio.

- *condizione di esercizio III*, quando la linea trasporta fluidi non pericolosi e non corrosivi, con temperatura compresa tra 300 °C e 400 °C.

In questo caso la PN di circa il 150 % della pressione d'esercizio.

Valori unificati delle pressioni nominali				
PN (kg/cm ²)	Pressione d'esercizio (kg/cm ²)			Pressione di prova (kg/cm ²)
	I	II	III	
1	1	1	-	2
2.5	2.5	2	-	4
6	6	5	-	10
10	10	8	-	16
16	16	13	-	25
25	25	20	16	40
40	40	32	25	60
64	64	50	40	96
100	100	80	64	150
160	160	125	100	240
250	250	200	160	375
320	320	250	200	480
400	400	320	250	600

Con riferimento alla Tabella e alle condizioni di esercizio I, II e III vengono di seguito riportati alcuni esempi per la scelta della PN supponendo che la pressione di esercizio sia 19 kg/cm².

Supponendo di operare nella *condizione di esercizio I* (fluidi non pericolosi e non corrosivi, con temperature inferiori a 120 °C) si dovrà usare un tubo con PN 25.

Infatti in tale condizione di lavoro la pressione di esercizio immediatamente superiore a 19 kg/cm² è 25 kg/cm² da cui deriva una PN del tubo pari a 25 kg/cm² cioè PN 25.

PN (kg/cm ²)	Pressione d'esercizio (kg/cm ²)			Pressione di prova (kg/cm ²)
	I	II	III	
1	1	1	-	2
2.5	2.5	2	-	4
6	6	5	-	10
10	10	8	-	16
16	16	13	-	25
<u>25</u>	<u>25</u>	20	16	40
40	40	32	25	60
64	64	50	40	96
100	100	80	64	150
160	160	125	100	240
250	250	200	160	375
320	320	250	200	480
400	400	320	250	600

Supponendo di operare nella *condizione di esercizio II* (non pericolosi e non corrosivi, con temperature comprese tra 120 °C e 300 °C, oppure fluidi pericolosi a temperature inferiori a 120°C) si dovrà usare sempre un tubo con PN 25

Infatti in tale condizione di lavoro la pressione di esercizio immediatamente superiore a 19 kg/cm² è 20 kg/cm² da cui deriva una PN del tubo pari a 25 kg/cm² cioè PN 25.

PN (kg/cm ²)	Pressione d'esercizio (kg/cm ²)			Pressione di prova (kg/cm ²)
	I	II	III	
1	1	1	-	2
2.5	2.5	2	-	4
6	6	5	-	10
10	10	8	-	16
16	16	13	-	25
25	25	20	16	40
40	40	32	25	60
64	64	50	40	96
100	100	80	64	150
160	160	125	100	240
250	250	200	160	375
320	320	250	200	480
400	400	320	250	600

Supponendo di operare nella *condizione di esercizio III* (fluidi non pericolosi e non corrosivi, con temperatura compresa tra 300 °C e 400 °C) si dovrà invece usare un tubo con PN 40.

Infatti in tale condizione di lavoro la pressione di esercizio immediatamente superiore a 19 kg/cm² è 25 kg/cm² da cui deriva una PN del tubo pari a 40 kg/cm² cioè PN 40.

Si noti che con un tubo con PN 40 si potrà operare:

- fino a 32 kg/cm² nella condizione di esercizio II
- fino a 40 kg/cm² nella condizione di esercizio I

PN (kg/cm ²)	Pressione d'esercizio (kg/cm ²)			Pressione di prova (kg/cm ²)
	I	II	III	
1	1	1	-	2
2.5	2.5	2	-	4
6	6	5	-	10
10	10	8	-	16
16	16	13	-	25
25	25	20	16	40
40	40	32	25	60
64	64	50	40	96
100	100	80	64	150
160	160	125	100	240
250	250	200	160	375
320	320	250	200	480
400	400	320	250	600

Normalizzazione statunitense

Anche nel sistema di normalizzazione statunitense le tubazioni vengono identificate mediante l'indicazione del materiale e delle dimensioni.

Per la designazione del materiale vengono adottati due sistemi :

- *quello proposto dalla ASTM per tutti i materiali*
- *quello proposto dalla AISI soprattutto per gli acciai inox*

La designazione delle dimensioni viene eseguita in base a due indicazioni:

- *diametro nominale* (per la sezione di passaggio)
- *schedule number* (per la pressione di esercizio)

Diametro nominale

Il *diametro nominale* è una indicazione *convenzionale*, espressa in pollici, che individua il diametro del tubo (e che coincide con quello *esterno* per diametri superiori a 12").

Il diametro nominale non viene contraddistinto da alcuna sigla, ma solo dal segno " " che significa appunto misura espressa in pollici.

Ad esempio, l'indicazione 14" è sufficiente per designare il diametro nominale di un tubo di tale misura.

La serie unificata dei diametri nominali ha gli stessi valori già visti per la serie dei tubi gas nella unificazione italiana.

I tubi normalizzati dall'ASA (American Standard Association) di ugual diametro nominale dei tubi gas UNI *non hanno* le stesse dimensioni di questi.

Schedula (schedule number)

La *schedula* o *schedule number* è una indicazione del campo di pressione interna in cui può essere impiegato il tubo.

Lo *schedule number* è infatti il valore approssimato dedotto dalla seguente espressione:

$$\text{Schedule number} = \frac{1000 P}{K}$$

dove :

P = pressione effettiva interna in psi

K = carico di sicurezza del materiale a temperatura ambiente, in psi.

La serie unificata degli *schedule number* è la seguente :

5 - 10 - 20 - 30 - 40 - 60 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160.

Le dimensioni dei tubi in acciaio al carbonio così designati sono riportate in apposite tabelle.